

Внедрение малосточных схем и повышение эффективности работы катионитовых фильтров в процессе их эксплуатации требует времени для выполнения необходимых расчетов. Для этого разработан программный комплекс, который включает в себя расчет катионитового фильтра в зависимости от скорости фильтрования и расчет процесса регенерации по схеме, приведенной на рис.3. Разработанный программный комплекс позволяет создать автоматизированное рабочее место оператора-технолога, повысить уровень его работы и автоматизировать процесс водоподготовки.

1.Громогласов А.А. и др. Водоподготовка: Процессы и аппараты. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 272 с.

2.Чуб И.Н. Повышение эффективности работы Na-катионитовых установок на основе разработанного АРМа // Науковий вісник будівництва. Вип.46. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2008. – С.208-212.

3.Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике. – М.: МЭИ, 2003. – 309 с.

*Получено 03.09.2008*

УДК 628.14

І.С.УСЕНКО, канд. техн. наук

*Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка*

## **ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ**

Викладено послідовність вводу вхідних даних. У подальшому розрахунок виконується в режимі діалогу, при цьому є можливість вводити зміни.

Гідравлічні трубопровідні системи постійно ускладнюються. Практика ставить завдання підвищення точності та швидкості розрахунків гідравлічних мереж. Тому залишається актуальним питання вдосконалення існуючих методів розрахунку трубопровідних систем [1, 2].

У виконаних раніше дослідженнях не досить глибоко відпрацьовано аспекти удосконалення гідравлічних розрахунків. Гідравлічні мережі достатньо складні структури. Їх гідравлічні властивості змінюються у часі за невизначеними закономірностями. Корегування внутрішньої та зовнішньої ув'язок ділянок мережі покращує методику гідравлічних розрахунків [3, 4].

Внутрішню гідравлічну ув'язку пропонується удосконалити за рахунок мінімізації ітеративного процесу. Це досягається виключенням з обчислень повторювань операцій. Коригування послідовних наближень забезпечує точність розрахунків [5].

Метою даної роботи є удосконалення гідравлічних розрахунків, забезпечення їх більшої точності та скорочення часу обчислень.

Для виконання розрахунку необхідно уважно та без помилок заповнити такі файли: zagalni.txt, zvazki.txt, jivlenna.txt, dilanki.txt (табл.1-4).

Таблиця 1 – Приклад змісту файлу jivlenna.txt

| № водожив. | Тип водожив. | Вузол розташування | Стан насосу | Кількість | Параметри насоса |                |                |
|------------|--------------|--------------------|-------------|-----------|------------------|----------------|----------------|
|            |              |                    |             |           | a <sub>0</sub>   | a <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> |
| 1          | НС           | 1                  | 1           | 1         | 0                | 0              | 0              |
| 2          | ВВ           | 7                  | 1           | 0         | 0                | 0              | 0              |

Таблиця 2 – Приклад змісту файлу zagalni.txt

|       |                                      |
|-------|--------------------------------------|
| 23    | кількість вузлів NY                  |
| 33    | кількість ділянок NL                 |
| 10    | кількість кілець NK                  |
| 17    | число ділянок зовнішнього контуру IK |
| 2     | кількість водоживильників NB         |
| 119,9 | позначка базисного вузла Z(1)        |
| 1,1   | коефіцієнт місцевих втрат PM         |
| 0,03  | точність ув'язки TY                  |

Таблиця 3 – Приклад змісту файлу zvazki.txt

| № кільця | Зв'язки в кільцях |     |     |     |     |
|----------|-------------------|-----|-----|-----|-----|
| 1        | -14               | -9  | 13  | 24  |     |
| 2        | 25                | 12  | -13 | -8  |     |
| 3        | 19                | 20  | 18  | -21 | -27 |
| 4        | 9                 | 28  | -26 | -19 | -30 |
| 5        | 8                 | 7   | -28 | -29 |     |
| 6        | 23                | 30  | -31 | -17 | -18 |
| 7        | 6                 | 29  | -23 | -32 |     |
| 8        | 22                | 31  | -15 | -16 |     |
| 9        | 5                 | 32  | 4   | -22 |     |
| 10       | -3                | -33 |     |     |     |

Таблиця 4 – Приклад змісту файлу dilanki.txt

| Номер вузла, ділянки | Вектор | Довжина, м | Діаметр, мм | Код матеріалу | Нефіксований відбір | Фіксований відбір | Познач. землі | Вільний напір |
|----------------------|--------|------------|-------------|---------------|---------------------|-------------------|---------------|---------------|
| 1                    | 2      | 3          | 4           | 5             | 6                   | 7                 | 8             | 9             |
| 1                    | 1      | 1000       | 642,2       | 3             | 0,00                | 0,0               | 118,5         | 0,0           |
| 2                    | 2      | 2800       | 496,0       | 3             | 45,00               | 0,0               | 119,9         | 26,0          |
| 3                    | 3      | 475        | 443,4       | 3             | 33,00               | 0,0               | 120,2         | 26,0          |
| 4                    | 4      | 1000       | 443,4       | 3             | 32,00               | 0,0               | 120,5         | 26,0          |
| 5                    | 5      | 450        | 354,6       | 3             | 18,00               | 0,0               | 120,7         | 26,0          |

Продовження табл.4

| 1  | 2  | 3    | 4     | 5 | 6     | 7      | 8     | 9    |
|----|----|------|-------|---|-------|--------|-------|------|
| 6  | 6  | 450  | 314,8 | 3 | 29,00 | 0,0    | 121,0 | 26,0 |
| 7  | 7  | 475  | 314,8 | 3 | 11,00 | 0,0    | 120,9 | 26,0 |
| 8  | 8  | 475  | 314,8 | 3 | 38,00 | 0,0    | 120,9 | 26,0 |
| 9  | 9  | 60   | 399,0 | 3 | 0,00  | 0,0    | 120,8 | 0,0  |
| 10 | 10 | 35   | 399,0 | 3 | 0,00  | -200,0 | 0,0   | 0,0  |
| 11 | 7  | 850  | 279,2 | 3 | 29,00 | 0,0    | 120,1 | 26,0 |
| 12 | 8  | 850  | 279,2 | 3 | 21,00 | 55,0   | 120,2 | 26,0 |
| 13 | 9  | 850  | 279,2 | 3 | 29,00 | 0,0    | 120,4 | 26,0 |
| 14 | 3  | 500  | 443,4 | 3 | 34,00 | 0,0    | 119,6 | 26,0 |
| 15 | 15 | 1000 | 443,4 | 3 | 37,00 | 100,0  | 119,8 | 26,0 |
| 16 | 16 | 675  | 354,6 | 3 | 35,00 | 0,0    | 119,9 | 26,0 |
| 17 | 17 | 460  | 354,6 | 3 | 39,00 | 0,0    | 120,0 | 26,0 |
| 18 | 18 | 800  | 314,8 | 3 | 32,00 | 0,0    | 120,6 | 26,0 |
| 19 | 19 | 275  | 184,0 | 3 | 29,00 | 0,0    | 120,2 | 26,0 |
| 20 | 17 | 275  | 184,0 | 3 | 29,00 | 0,0    | 120,6 | 26,0 |
| 21 | 3  | 1000 | 443,4 | 3 | 48,00 | 0,0    | 120,5 | 26,0 |
| 22 | 22 | 675  | 354,6 | 3 | 34,00 | 0,0    | 120,3 | 26,0 |
| 23 | 0  | 475  | 229,0 | 3 | 0,00  | 0,0    | 0,0   | 0,0  |
| 24 | 0  | 465  | 229,0 | 3 | 0,00  | 0,0    | 0,0   | 0,0  |
| 25 | 0  | 375  | 314,8 | 3 | 0,00  | 0,0    | 0,0   | 0,0  |
| 26 | 0  | 1050 | 184,0 | 3 | 0,00  | 0,0    | 0,0   | 0,0  |
| 27 | 0  | 750  | 314,8 | 3 | 0,00  | 0,0    | 0,0   | 0,0  |
| 28 | 0  | 375  | 314,8 | 3 | 0,00  | 0,0    | 0,0   | 0,0  |
| 29 | 0  | 485  | 314,8 | 3 | 0,00  | 0,0    | 0,0   | 0,0  |
| 30 | 0  | 500  | 354,6 | 3 | 0,00  | 0,0    | 0,0   | 0,0  |
| 31 | 0  | 450  | 354,6 | 3 | 0,00  | 0,0    | 0,0   | 0,0  |
| 32 | 0  | 2800 | 496,0 | 3 | 0,00  | 0,0    | 0,0   | 0,0  |

Після введення вхідних даних програмою здійснюється їх аналіз з метою виявлення тих помилок, які не можуть бути виявлені після завершення введення. Після виправлення помилок можна відновити роботу програми. Якщо помилок при аналізі вхідних даних не виявлено, то програма переходить до послідовного виконання завдань гідравлічного розрахунку мережі [6].

Порядок рішення задач гідравлічного розрахунку мережі наведено нижче.

1. Виконується внутрішнє ув'язування мережі, знаходиться диктуюча точка та визначаються: витрати, швидкості та втрати напору на всіх ділянках мережі; вільні напори та п'єзометричні позначки для всіх вузлів мережі; необхідні напори водоживильників. При розрахунку у всіх вузлах мережі забезпечуються вільні напори не менше нормативних (у диктуючій точці – рівний нормативному). На екрані з'являється повідомлення про виконання завдання і короткі результати розрахунку.

ку.

2. Якщо ні для одного з водоживильників не заданий стан 2, то виконується внутрішнє і зовнішнє ув'язування мережі, у якій приймають участь усі водоживильники, що мають стан 1. При виконанні розрахунку ігнорується раніше уведена інформація з приводу вільних напорів, але виконується вказівка (якщо вона введена) про коректування водовідборів на господарсько-питні потреби у вузлах з недостатніми вільними напорами. Якщо для одного з водоживильників заданий стан 2, то при виконанні розрахунку знаходяться необхідні параметри цього водоживильника за умови забезпечення заданого (нормативного або зниженого) вільного напору в диктуючій точці мережі. У файл `rezultat.txt` виводиться та ж інформація, що і при виконанні завдання 1.

3. Після коду завдання повинний бути зазначений номер водоживильника і може бути зазначений рівень води у башті над поверхнею землі (параметр  $a_0$ ), що не може дорівнювати нулю. Після виконання розрахунку в пам'яті машини усі вузлові водовідбори виявляться переліченими відповідно до знайденого господарсько-питного водоспоживання. Всі фіксовані витрати, за винятком витрат включених водоживильників, при розрахунку не змінюються.

4. Слідом за кодом завдання з клавіатури вводяться два числа, значення яких описується нижче. Якщо перше число відмінне від нуля, то воно розцінюється як мінімально допустимий вільний напір для вузлів, у яких нормативний вільний напір перевищує введене значення. Ця вказівка не відноситься до вузлів, де нормативний вільний напір менше введеного мінімального. Якщо перше число дорівнює нулю, то це значить, що раніше введена інформація про зниження вільних напорів скасовується. Друге число є кодом вказівки про коректування нефіксованих водовідборів при недостатніх вільних напорах. Якщо воно дорівнює одиниці, коректування виконується, якщо нулю – ні.

5. За допомогою даної команди можна дати вказівку про заміну фіксованих витрат у вузлах. Після коду команди записується номер вузла, фіксована витрата, номер наступного вузла та ін.

6. Після коду завдання указується величина сумарного водоспоживання на господарсько-питні потреби, які можуть бути рівними нулю.

7. За допомогою даної команди можна дати вказівку про заміну діаметра і матеріалу труб на ділянках. Після коду завдання повинний бути зазначений номер ділянки, розрахунковий діаметр трубопроводу, код матеріалу, номер наступної ділянки та ін.

8. За допомогою даної команди можна змінювати позначки землі (води) та вільні напори у вузлах мережі або вузлах розміщення водо-

живильників. Після коду завдання повинен бути записаний номер вузла, позначка землі (води), вільний напір, номер наступного вузла тощо.

9. За допомогою цієї команди водоживильник переводиться в заданий стан, при цьому:

- якщо введений стан дорівнює нулю і водоживильник не базисний, то водоживильник виключається і його витрата дорівнює нулю;
- якщо введений стан дорівнює нулю і водоживильник базисний, то його витрата буде дорівнювати нулю при виконанні “ув’язування 2”, “завдання 3” або “побудови характеристики системи”;
- якщо вводиться стан 3, то водоживильник не бере участі у зовнішньому ув’язуванні, але витрата його зберігається. Після коду команди записується номер водоживильника і стан водоживильника.

10. Для водоживильників типу водонапірних башт і резервуарів цим завданням може задаватися (або змінюватися) висота води в споруді над рівнем землі, що визначається параметром  $a_0$ . Якщо водоживильником є насосна станція виводиться: номер водоживильника; кількість працюючих насосів; стан водоживильника; номери працюючих насосів і параметри водоживильника (подача і напір). Якщо водоживильник є водонапірною баштою або резервуаром, то виводиться: номер водоживильника; стан водоживильника; величина параметра  $a_0$ .

11. Друк повних результатів розрахунку може виконуватися після виконання завдань “ув’язування 1”, “ув’язування 2” і “завдання 3”. За завданням у файл rezultat.txt виводяться повні результати розрахунку в табличній формі.

12. Після коду завдання вводяться: мінімальне і максимальне господарсько-питне водоспоживання, інтервал зміни водоспоживання і номер водоживильника. Необхідно враховувати, що останній розрахунок завжди буде виконаний для заданого максимального водоспоживання і всі нефіксовані водовідбори виявляться переліченими відповідно до цього водоспоживання. Результати розрахунку виводяться у файл rezultat.txt у табличній формі (табл.5).

Таблиця 5 – Приклад змісту файлу rezultat.txt

| № вузла, ділянки | Довжина ділянки, м | Діаметр труб, мм | Код матеріалу | Витрата, л/с | Втрата напору, м | Швидкість, м/с | Вільний напір, м |       | Висота п'єзом., м | Нефікс. відбір, м |       | Фіксов. відбір |
|------------------|--------------------|------------------|---------------|--------------|------------------|----------------|------------------|-------|-------------------|-------------------|-------|----------------|
|                  |                    |                  |               |              |                  |                | норм.            | факт. |                   | норм.             | факт. |                |
| 1                | 2                  | 3                | 4             | 5            | 6                | 7              | 8                | 9     | 10                | 11                | 12    | 13             |
| 1                | 1000               | 642,2            | 3             | 557,00       | 3,08             | 1,72           | 0,0              | 42,15 | 160,65            | 0,00              | 0,00  | 0,0            |
| 2                | 2800               | 496,0            | 3             | 278,50       | 8,66             | 1,44           | 26,0             | 32,09 | 151,99            | 45,00             | 45,00 | 0,0            |
| 3                | 475                | 443,4            | 3             | 160,86       | 0,95             | 1,04           | 26,0             | 30,84 | 151,04            | 33,00             | 33,00 | 0,0            |
| 4                | 1000               | 443,4            | 3             | 127,86       | 1,33             | 0,83           | 26,0             | 29,22 | 149,72            | 32,00             | 32,00 | 0,0            |
| 5                | 450                | 354,6            | 3             | 87,02        | 0,88             | 0,88           | 26,0             | 28,14 | 148,84            | 18,00             | 18,00 | 0,0            |
| 6                | 450                | 314,8            | 3             | 46,09        | 0,50             | 0,59           | 26,0             | 27,34 | 148,34            | 29,00             | 29,00 | 0,0            |

Продовження табл.5

| 1  | 2    | 3     | 4 | 5       | 6    | 7    | 8    | 9      | 10     | 11    | 12    | 13     |
|----|------|-------|---|---------|------|------|------|--------|--------|-------|-------|--------|
| 7  | 475  | 314,8 | 3 | -15,31  | 0,07 | 0,20 | 26,0 | 27,51  | 148,41 | 11,00 | 11,00 | 0,0    |
| 8  | 475  | 314,8 | 3 | -50,87  | 0,63 | 0,65 | 26,0 | 28,14  | 149,04 | 38,00 | 38,00 | 0,0    |
| 9  | 60   | 399,0 | 3 | -200,00 | 0,29 | 1,60 | 0,0  | 28,53  | 149,33 | 0,00  | 0,00  | 0,0    |
| 10 | 35   | 399,0 | 3 | -200,00 | 0,17 | 1,60 | 0,0  | 149,50 | 149,50 | 0,00  | 0,00  | -200,0 |
| 11 | 850  | 279,2 | 3 | 32,40   | 1,90 | 0,72 | 26,0 | 26,34  | 146,44 | 29,00 | 29,00 | 0,0    |
| 12 | 850  | 279,2 | 3 | 50,80   | 2,00 | 0,83 | 26,0 | 26,21  | 146,41 | 21,00 | 21,00 | 55,0   |
| 13 | 850  | 279,2 | 3 | 50,81   | 2,00 | 0,83 | 26,0 | 26,64  | 147,04 | 29,00 | 29,00 | 0,0    |
| 14 | 500  | 443,4 | 3 | 177,26  | 1,19 | 1,15 | 26,0 | 31,21  | 150,81 | 34,00 | 34,00 | 0,0    |
| 15 | 1000 | 443,4 | 3 | 143,26  | 1,62 | 0,93 | 26,0 | 29,38  | 149,18 | 37,00 | 37,00 | 100,0  |
| 16 | 675  | 354,6 | 3 | 67,10   | 0,83 | 0,68 | 26,0 | 28,45  | 148,35 | 35,00 | 35,00 | 0,0    |
| 17 | 460  | 354,6 | 3 | 3,09    | 0,01 | 0,03 | 26,0 | 28,35  | 148,35 | 39,00 | 39,00 | 0,0    |
| 18 | 800  | 314,8 | 3 | 0,66    | 0,01 | 0,01 | 26,0 | 27,75  | 148,35 | 32,00 | 32,00 | 0,0    |
| 19 | 275  | 184,0 | 3 | 28,98   | 1,75 | 1,09 | 26,0 | 26,40  | 146,60 | 29,00 | 29,00 | 0,0    |
| 20 | 275  | 184,0 | 3 | 29,02   | 1,75 | 1,09 | 26,0 | 26,00  | 146,60 | 29,00 | 29,00 | 0,0    |
| 21 | 1000 | 443,4 | 3 | 173,89  | 2,29 | 1,13 | 26,0 | 29,60  | 149,70 | 48,00 | 48,00 | 0,0    |
| 22 | 675  | 354,6 | 3 | 73,87   | 0,98 | 0,75 | 26,0 | 28,22  | 148,72 | 34,00 | 34,00 | 0,0    |
| 23 | 475  | 229,0 | 3 | -21,81  | 0,64 | 0,53 |      |        |        |       |       |        |
| 24 | 465  | 229,0 | 3 | 3,40    | 0,02 | 0,08 |      |        |        |       |       |        |
| 25 | 375  | 314,8 | 3 | -60,32  | 0,67 | 0,78 |      |        |        |       |       |        |
| 26 | 1050 | 184,0 | 3 | 0,02    | 0,00 | 0,00 |      |        |        |       |       |        |
| 27 | 750  | 314,8 | 3 | 26,23   | 0,31 | 0,34 |      |        |        |       |       |        |
| 28 | 375  | 314,8 | 3 | 22,93   | 0,12 | 0,29 |      |        |        |       |       |        |
| 29 | 485  | 314,8 | 3 | 36,57   | 0,36 | 0,47 |      |        |        |       |       |        |
| 30 | 500  | 354,6 | 3 | 60,85   | 0,52 | 0,62 |      |        |        |       |       |        |
| 31 | 450  | 354,6 | 3 | 8,84    | 0,02 | 0,09 |      |        |        |       |       |        |
| 32 | 2800 | 496,0 | 3 | -278,50 | 8,66 | 1,44 |      |        |        |       |       |        |

Виводиться повідомлення про закінчення розрахунку.

Очевидно, що неможливо сформулювати чіткі й однозначні правила виконання розрахунку, тому що набір команд залежатиме від складу і конструкції системи водопостачання, ступеня працювання і глибини оптимізації прийнятого рішення, тобто від тих цілей, які будуть ставитися фахівцем.

1.Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.

2.Абрамов Н.Н. Теория и методика расчета систем подачи и распределения воды. – М.: Стройиздат, 1972. – 287 с.

3.Шевелёв Ф.А., Шевелёв А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. – М.: Стройиздат, 1984. – 116 с.

4.Гидравлический расчёт и устройство водопроводов из железобетонных труб / В.С.Дикаревский, П.П.Якубчик, О.А.Продоус, Ю.М.Константинов. – К.: Будівельник, 1984. – 112 с.

5.Новохатний В.Г., Григоренко Н.В. Водопроводные сети и сооружения. – К.: УМК ВО, 1989. – 121 с.

6.Розрахунок водопровідних мереж за допомогою програми "HIDRO" // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып.81. – К.: Техніка, 2008. – С.144-149.

Отримано 05.09.2008